屏幕的中心位置，即原来零级明纹的位置。已知入射光的波长为 500nm，求透明薄膜的厚度。

解 厚度 e，折射率为 n_1 和 n_2 的薄膜分别覆盖双缝后，引起光程差改变为

$$\Delta\delta=(n_2-n_1)e=7\lambda$$

故

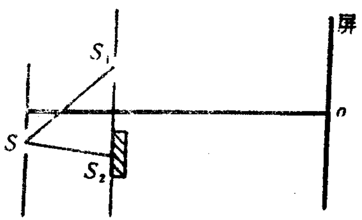
$$e=\frac{7\lambda}{n_2-n_1}=\frac{7\times500\times10^{-9}}{1.7-1.5}$$
$$=1.75\times10^{-5}\mathrm{m}$$

16.3 在双缝实验装置中，双缝间距为 0.7mm，双缝到屏的距离为 100cm。当用波长 500nm 的单色光垂直照射时，在屏中央 O 点处为中央明纹。现将单缝 S 向下作微小移动，使 $SS_1-SS_2=\lambda/2$，再在 S_2 后面贴一折射率为 1.5，厚度为 l 的透明薄膜，观察到 O 点变为第 4 级暗纹（见图）。试求

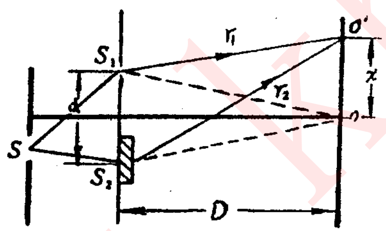
（1）薄膜的厚度 l；

（2）中央明条纹在屏上离 O 点的距离；

（3）第 2 级明条纹离 O 点的距离。



题 16.3 图



解 16.3 图

解 （1）因为 O 点为第 4 级暗纹，从 S 发出光线经 S_1、S_2 到达 O 点的光程差

$$\delta=SS_2+S_2O-l+nl-(SS_1+S_1O)$$

由于 $S_1O=S_2O$

$$\delta=(n-1)l-(SS_1-SS_2)=(n-1)l-\frac{\lambda}{2}$$
$$=(2k-1)\frac{\lambda}{2}=\frac{7}{2}\lambda$$
$$l=\frac{4\lambda}{n-1}=\frac{4\times500\times10^{-9}}{1.5-1}=4\times10^{-6}\mathrm{m}$$

（2）设中央明纹在屏上 O' 点，离 O 点距离为 x，如图，到达 O' 点两条光线光程差

$$\delta=SS_2+r_2-l+nl-(SS_1+r_1)$$
$$=(n-1)l-\frac{\lambda}{2}+r_2-r_1=0$$

由几何关系可知

$$r_2-r_1=\frac{d}{D}x$$
$$x=-\frac{D}{d}\cdot\frac{7}{2}\lambda=-\frac{1.0}{0.7\times10^{-3}}\times\frac{7}{2}\times5.0\times10^{-7}$$
$$=-2.5\times10^{-3}\mathrm{m}=-2.5\mathrm{mm}$$

（3）同理，$\delta=(n-1)l-\dfrac{\lambda}{2}+r_2'-r_1'=\pm2\lambda$，则

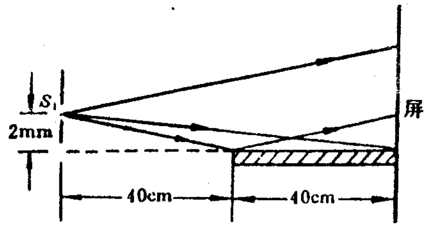
$$r_2'-r_1'=\frac{d}{D}x_2$$
$$x_2=-\frac{D}{d}\cdot\frac{11}{2}\lambda=-3.93\mathrm{mm}$$
$$x_2'=-\frac{D}{d}\cdot\frac{3}{2}\lambda=-1.07\mathrm{mm}$$

即第 2 级明条纹有两条，分别距 O 点的距离为 1.07mm 与 3.93mm。

16.4 洛埃镜实验装置如图所示。缝光源 S_1 发出波长 600nm 的单色光。求相邻干涉条纹的间距。

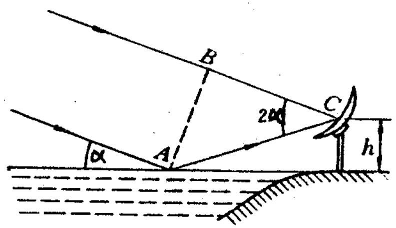
解 洛埃镜实验中相邻干涉条纹的间距与杨氏双缝相同

$$\Delta x=\frac{D}{d}\lambda=\frac{80\times10^{-2}}{4\times10^{-3}}\times6.0\times10^{-7}$$
$$=1.2\times10^{-4}\mathrm{m}$$



题 16.4 图

16.5 一射电望远镜的天线设在湖岸上，距湖面高度为 h。对岸地平线上方有一恒星正在升起，恒星发出波长为 λ 的电磁波。试求当天线测得第 1 级干涉极大时，恒星所在的角位置（作为洛埃镜干涉分析）。



题 16.5 图

解 两光线到达天线时的光程差

$$\delta=\overline{AC}-\overline{BC}+\frac{\lambda}{2}$$

$$=\overline{AC}(1-\cos 2\alpha)+\frac{\lambda}{2}$$

同时 $\overline{AC}=\dfrac{h}{\sin\alpha}$，故

$$\delta=2\sin^2\alpha\,\frac{h}{\sin\alpha}+\frac{\lambda}{2}=2\sin\alpha\cdot h+\frac{\lambda}{2}$$

天线测得第 1 级干涉极大时，$\delta=\lambda$，故有

$$2\sin\alpha\cdot h+\frac{\lambda}{2}=\lambda$$

$$\alpha=\arcsin\frac{\lambda}{4h}$$

16.6 平板玻璃上有一层厚度均匀的肥皂膜。在阳光垂直照射下，在波长 700nm 处有一干涉极大，而在 600nm 处有一干涉极小，而且在这两极大和极小间没有出现其它的极值情况。已知肥皂液折射率为 1.33，玻璃折射率为 1.50，求此膜的厚度。

解 在肥皂膜上、下表面的两反射光线的光程差 $\delta=2ne$，由于在已知的两个极大和极小间没有其他的极值情况，因此有

$$2ne=k\lambda_1$$

$$2ne=(2k+1)\frac{\lambda_2}{2}$$

从上二式可得

$$k=\frac{\lambda_2}{2(\lambda_1-\lambda_2)}=\frac{600}{2\times(700-600)}=3$$

将 $k=3$ 代入明纹公式，则求得膜的厚度

$$e=\frac{k\lambda_1}{2n}=\frac{3\times 700}{2\times 1.33}=789.5\text{nm}$$

16.7 楔形玻璃片夹角 $\theta=1.0\times10^{-4}$rad，在单色光垂直照射下观察反射光的干涉，测得相邻条纹的间距为 0.20cm。已知玻璃折射率为 1.50，试求入射光的波长。

解 劈尖等厚干涉条纹间距

$$\Delta l\sin\theta=e_{k+1}-e_k=\frac{\lambda}{2n}$$

$$\lambda=2n\sin\theta\cdot\Delta l=2n\theta\Delta l$$

$$=2\times1.5\times10^{-4}\times0.20\times10^{-2}$$

$$=6\times10^{-7}\text{m}=600\text{nm}$$

16.8 将折射率为 1.40 的某种透明材料制成劈尖，其末端厚度 $h=0.50\times10^{-4}$m。今用波长 700nm 的红光垂直照射，并观察反射光。

试问表面出现的明条纹总数是多少？

解　相邻条纹的厚度差

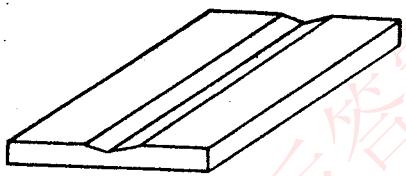
$$\Delta e=e_{k+1}-e_k=\frac{\lambda}{2n}$$

明条纹总数为

$$N=\frac{h}{\Delta e}=\frac{2nh}{\lambda}$$

$$=\frac{2\times1.4\times5\times10^{-5}}{7.0\times10^{-7}}=200$$

16.9　如图所示，在折射率为 1.50 的平晶玻璃上刻有截面为等腰三角形的浅槽，内装肥皂液，折射率为 1.33。当用波长为 600nm 的黄光垂直照射时，从反射光中观察到液面上共有 15 条暗纹。



题 16.9 图

(1)试定性描述条纹的形状；

(2)求液体最深处的厚度。

解　(1)干涉条纹是明暗相间的平行直线。

(2)暗条纹的条件为

$$\delta=2ne=(2k+1)\frac{\lambda}{2},\qquad k=0,1,2,\cdots$$

由于共有 15 条暗条纹，正中央必为暗条纹，且 $k=7$，故

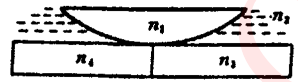
$$e_{\max}=\frac{(2k+1)\lambda}{4n}=\frac{(2\times7+1)\times6.0\times10^{-7}}{4\times1.33}$$

$$=1.69\times10^{-6}\text{m}$$

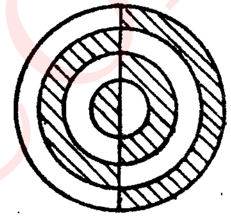
16.10　如图所示，一半径 1.0m 的凸透镜($n_1=1.50$)放在由火石玻璃($n_3=1.75$)和冕牌玻璃($n_4=1.50$)拼接的玻璃平板上。在透镜和玻璃平面间充以折射率 $n_2=1.65$ 的二硫化碳液体。当用波长 589nm 的钠黄光垂直照射时

(1)试定性画出干涉图样；

(2)求出中心点除外，向外数第 10 个暗环的半径 r。



题 16.10 图



解 16.10 图

解　(1)其干涉条纹的俯视图如图所示。

(2)在 n_4 的半边，液体 CS_2 膜上、下表面两反射光线光程差 $\delta=2n_2e+\frac{\lambda}{2}$，其暗条纹公式

$$2n_2e+\frac{\lambda}{2}=(2k+1)\frac{\lambda}{2},\qquad k=0,1,2,\cdots$$

在中心点 $e=0$，为暗环，由题意不计在内，故第 10 个暗环的 $k=10$

$$e_{10}=\frac{k\lambda}{2n_2}=\frac{10\times5.89\times10^{-7}}{2\times1.65}=1.78\times10^{-6}\text{m}$$

相应的暗环半径为

$$r=\sqrt{2e_{10}R}=\sqrt{2\times1.78\times10^{-6}\times1}=1.89\times10^{-3}\text{m}=1.89\text{mm}$$

在 n_3 的半边，$\delta=2n_2e$，其暗环公式

$$2n_2e=(2k+1)\frac{\lambda}{2},\qquad k=0,1,2,\cdots$$

在中心点 $e=0$ 处，是明环，故第 10 个暗环的 $k=9$，则

$$e_{10}'=\frac{(2k+1)\lambda}{4n_2}=\frac{(2\times9+1)\times5.89\times10^{-7}}{4\times1.65}=1.70\times10^{-6}\text{m}$$

相应的暗环半径为

$$r'=\sqrt{2e_{10}'R}=1.84\times10^{-3}\text{m}=1.84\text{mm}$$

16.11　在牛顿环实验中，所用凸透镜的半径为 1.90m。当用两

种单色光垂直照射时，观测到反射光中波长 $\lambda_1=500\text{nm}$ 的第 5 个明环和另一单色光 λ_2 的第 6 个明环重合，试求另一种单色光的波长 λ_2。

解 牛顿环明环半径为

$$r_k=\sqrt{\left(k-\frac{1}{2}\right)R\lambda},\qquad k=1,2,3\cdots$$

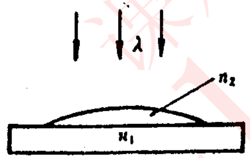
由题意

$$\sqrt{\left(k_1-\frac{1}{2}\right)R\lambda_1}=\sqrt{\left(k_2-\frac{1}{2}\right)R\lambda_2}$$

$$\lambda_2=\frac{k_1-\frac{1}{2}}{k_2-\frac{1}{2}}\lambda_1=\frac{5-\frac{1}{2}}{6-\frac{1}{2}}\times 500$$

$$=409.1\text{nm}$$

16.12 将一滴油（$n_2=1.20$）放在平玻璃片（$n_1=1.52$）上，以波长 $\lambda=600\text{nm}$ 的黄光垂直照射，如图所示。从边缘向中心数，第 5 个亮环处油层的厚度。



题 16.12 图

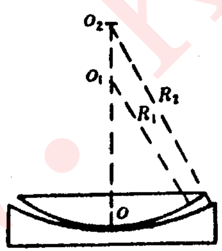
解 油膜上、下表面两反射光线的光程差 $\delta=2n_2e$，其明条纹公式

$$2n_2e=k\lambda,\qquad k=0,1,2\cdots$$

边缘处 $e=0$，是明环，因此从边缘向中心数，第 5 个明环对应的 $k=4$，故

$$e=\frac{k\lambda}{2n_2}=\frac{4\times 6.0\times 10^{-7}}{2\times 1.2}=1.0\times 10^{-6}\text{m}$$

16.13 图中，设平凸透镜的凸面是一标准样板，其曲率半径 $R_1=102.3\text{cm}$，放置在待测的凹面镜上，半径为 R_2。如在实验中，垂直入射的单色平行光的波长为 589.3nm，测得第



题 16.13 图

4 暗环的半径 $r_4=2.25\text{cm}$，则 R_2 为多少？

解 在干涉条纹圆环半径 r 处的空气膜厚度为

$$\Delta e=\frac{r^2}{2R_1}-\frac{r^2}{2R_2}$$

空气膜上、下表面两反射光线光程差为

$$\delta=2\cdot\Delta e+\frac{\lambda}{2}$$

暗条纹的公式为

$$2\cdot\Delta e+\frac{\lambda}{2}=(2k+1)\frac{\lambda}{2},\qquad k=0,1,2,\cdots$$

在第 4 个暗环处，$k=4$，故

$$2\left(\frac{r_4^2}{2R_1}-\frac{r_4^2}{2R_2}\right)=4\lambda$$

将有关数据代入上式得

$$R_2=102.8\text{cm}$$

16.14 在照相机镜头表面镀一层折射率为 1.38 的增透膜，使太阳光的中心波长 550nm 的透射光增强。已知镜头玻璃的折射率为 1.52，问膜的厚度最薄是多少？

解 为达到增强透射的目的，必须使反射光干涉极小，即有

$$\delta=2ne=(2k+1)\frac{\lambda}{2},\qquad k=0,1,2,\cdots$$

$k=0$ 时，镀膜的厚度最薄

$$e_{\min}=\frac{\lambda}{4n}=\frac{5.5\times 10^{-7}}{4\times 1.38}=9.96\times 10^{-8}\text{m}$$

$$=99.6\text{nm}\approx 100\text{nm}$$

16.15 在迈克耳孙干涉仪的一条光路中插入一支 100mm 长的玻璃管，管内充有一大气压的空气。用波长 589nm 的单色光作光源，在将玻璃管内的空气逐渐抽完时，数得有 100 条干涉条纹移过。求空气的折射率。

解 在空气逐渐抽完前后两光路光程差改变量为

$$\Delta\delta=2(n-1)l=N\lambda$$

则空气折射率为

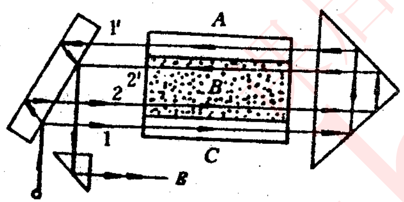
$$n=1+\frac{N\lambda}{2l}=1+\frac{100\times5.89\times10^{-7}}{2\times0.1}$$
$$=1.0002945$$

16.16 迈克耳孙干涉仪可用来测定单色光的波长。当将一个反射镜平移距离 $\Delta e=0.3220\text{mm}$ 时，测得干涉条纹移过 1024 条，试求该单色光的波长。

解 反射镜平移距离 Δe 后，由题知两光路光程差改变量为

$$\Delta\delta=2\cdot\Delta e=N\lambda$$
$$\lambda=\frac{2\cdot\Delta e}{N}=\frac{2\times0.322\times10^{-3}}{1024}$$
$$=6.289\times10^{-7}\text{m}=628.9\text{nm}$$

16.17 瓦斯检测器的光路图如图所示。当 A、B、C 三个气室中均为新鲜空气时，干涉条纹位于视场中一定位置处。把仪器带到矿井中，使井中气体进入中间的 B 室 A、C 两室仍为新鲜空气。由于混有瓦斯（沼气、甲烷）的气体折射率与空气不同，从而引起干涉条纹的移动。在一次实验中，用波长 589.3nm 的单色光作光源，观察到条纹移动了 98 条。已知气室长度为 10cm，求井下气体的折射率。



题 16.17 图

解 当井中气体进入 B 室前后，条纹移动了 N 条，两光路中光程差改变量必为

$$\Delta\delta=2(n-1)l=N\cdot\lambda$$
$$n=1+\frac{N\lambda}{2l}=1+\frac{98\times5.893\times10^{-7}}{2\times0.1}$$

$$=1.0002888$$

16.18 两块精密磨制的光学平玻璃板，平行放置，间距为 d，它们的相对表面镀有反射率极高的银（或铝）膜。一束波长为 λ 的单色光垂直入射，当平板间距缓缓增大时，可以观察到透射光作明暗交替的变化。这种装置称法布里—珀罗干涉仪。问平板间距为多大时透射光有极大值。

解 透射光有极大值时，两相对表面的反射光干涉后有极小值，故应有

$$\delta=2nd+\frac{\lambda}{2}=(2k+1)\frac{\lambda}{2},\qquad k=0,1,2,\cdots$$
$$d=\frac{k\lambda}{2n}$$

n 为两玻璃板间介质的折射率。

*16.19 用波长为 500nm，谱线宽度为 0.05nm 的光作为光源，应用干涉方法检测薄膜的厚度，薄膜的折射率 $n=1.30$，试问能检测的最大薄膜厚度是多少？

解 光源的相干长度为

$$L_c=\frac{\lambda^2}{\Delta\lambda}$$

只有当光程差 $\delta=2ne\leqslant L_c$ 才能观测到干涉现象，故

$$e_{\max}=\frac{L_c}{2n}=\frac{\lambda^2}{2n\Delta\lambda}$$
$$=\frac{(5.0\times10^{-7})^2}{2\times1.3\times0.05\times10^{-9}}$$
$$=1.92\times10^{-3}\text{m}=1.92\text{mm}$$

*16.20 在双缝干涉实验中，用波长 589.3nm 的钠光灯照射单缝，双缝中心间的距离 $d=0.50\text{mm}$。若单缝与双缝的距离 $D'=30\text{cm}$（图 16.25），问能产生干涉现象的单缝的最大宽度是多少？

解 由光源的空间相干性，能使双缝产生干涉现象的单缝最大宽度为